

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт

з дисциплін

«ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИСТКИ ПРИРОДНИХ ВОД»

та

«СПОРУДИ І ОБЛАДНАННЯ ВОДОПОСТАЧАННЯ»

Модуль 3. Очисні споруди водопостачання

*(для студентів 4 курсу заочної форми навчання
напрямів підготовки 6.060101 «Будівництво»
(спец. «Водопостачання та водовідведення»)
та 6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)»)*

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисциплін «Технологія очистки природних вод» та «Споруди і обладнання водопостачання» Модуль 3. Очисні споруди водопостачання (для студентів 4 курсу заочної форми навчання напрямів підготовки 6.060101 «Будівництво» (спец. «Водопостачання та водовідведення») та 6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)») / Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: К. Б. Сорокіна. – Х. : ХНУМГ, 2013. – 15 с.

Укладач: К. Б. Сорокіна

Рецензент: канд. техн. наук, доц. В. О. Ткачов

Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення та очистки вод, протокол № 1 від 27.08.2013 р.

ЗМІСТ

Стор.

1. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ТА ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ.....	4
2. ВКАЗІВКИ ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ.....	6
Лабораторна робота № 1. Визначення оптимальної дози коагулянту.....	6
Лабораторна робота № 2. Визначення показника осаджуваності завислих речовин у воді.....	10
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	14

1. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ТА ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

При роботі в лабораторії студенти особливу увагу повинні звертати на техніку безпеки і дотримуватися правил безпечної роботи - вміти користуватися хімічним посудом, реактивами, розчинами і нагрівальними приладами.

Застосовуваний в лабораторії хімічний посуд у більшості випадків скляний, тонкостінний і тендітний, вимагає дбайливого користування, тому що при недбалому поводженні з ним можливі різні поранення (порізи рук склом). При роботі хімічний посуд варто тримати в руках обережно (не стискати сильно пальцями). При його митті необхідно стежити за тим, щоб не пробити стінки чи дно. У випадку невеликого порізу варто видалити осколки, змити кров навколо рани ватним тампоном, змоченим розчином марганцевокислого калію, змазати йодом і зав'язати бинтом чи заліпити лейкопластиром. При невеликих порізах рани можна покрити клеєм БФ-6 (для обробки мікротравм). При глибоких артеріальних ранах після видалення скла руку варто міцно перев'язати джгутом вище порізу, видалити кров навколо рани, накласти кілька шарів стерильної марлі, потім товстий шар гігроскопічної вати і звернутися до лікаря.

Дуже велике значення має знання студентів про сполуки, з якими їм приходится працювати в лабораторії. Багато з них можуть бути хімічною отрутою, і при необережному поводженні слугувати причиною хімічних опіків і отруєнь. До таких речовин відносяться, насамперед, рідкі кислоти і луги. Усі реактиви і розчини, які використовуються в лабораторії, повинні знаходитися в закритому посуді з чітким написом, який вказує назву і концентрацію реагенту. При влученні сильних кислот на шкіру варто негайно змити облите місце водою, а потім 5 %-ним розчином двовуглекислої соди. При опіку лугами також рекомендується обмити уражене місце водою, а потім 2%-ним розчином оцтової кислоти. Якщо кислота пролилася на підлогу, її варто засипати піском, потім зібрати його і винести з приміщення, а облите місце промити розчином соди.

При роботі з реактивами варто завжди пам'ятати, що наповнення піпеток для виміру малих обсягів кислот, лугів і інших речовин виконують тільки за допомогою гумової груші. Засмоктування ротом категорично забороняється!

Усю роботу зі шкідливими й отруйними речовинами необхідно проводити у витяжних шафах.

Нагрівальні прилади варто встановлювати на теплоізоляційні підставки. При необережній роботі можливі теплові опіки від самого приладу і нагрітого хімічного посуду. Не рекомендується брати гарячий посуд руками. Нагріті предмети беруть щипцями, колбодержачами, джгутом з рушника. Необхідно уважно стежити за роботою нагрівальних приладів, не слід залишати їх без догляду. У випадку опіків першого ступеня (червоність) на обпалене місце необхідно накласти вату, змочену розчином марганцевокислого калію, концентрація якого мусить бути тим більше, чим сильніше опік. Можна використовувати і мазі від опіків. При опіках другого ступеня (міхури) обпалене місце обробляють розчином марганцевокислого калію чи 5%-ним розчином танина. При опіках третього ступеня (руйнування тканин) рану покривають стерильною пов'язкою і викликають лікаря.

У приміщенні лабораторії, де працюють студенти, завжди повинні бути наготові протипожежні засоби: вогнегасники, азбест, пісок. Не допускається гасити водою олію, гас, бензин, сірковуглець і ін.

Кожен студент перед початком роботи в лабораторії зобов'язаний ознайомитися з основними положеннями «Інструкції з техніки безпеки для працюючих у хімічних лабораторіях».

Послідовність оформлення лабораторного журналу.

Дата:

Лабораторна робота №...

Назва роботи

Мета роботи:

Устаткування, прилади, реактиви:

Хід роботи (методика визначення):

Схема лабораторної установки:

Таблиця вихідних даних і результатів:

Формули та розрахунки:

Висновки:

2. ВКАЗІВКИ ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Лабораторна робота № 1 *Визначення оптимальної дози коагулянту*

1. Загальні вказівки

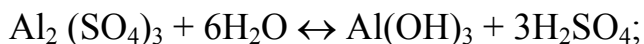
Метою роботи є дослідження коагулювання, побудова графіків та встановлення за досліджуваними даними оптимальної дози коагулянту.

Для видалення з води речовин, які обумовлюють забарвленість і каламутність, застосовують обробку води **коагулянтами**. В якості коагулянтів використовують солі алюмінію і заліза: сульфат алюмінію, сульфат заліза (II), сульфат заліза (III), хлорид алюмінію, хлорид заліза (III), змішаний коагулянт, який складається із сульфату алюмінію і хлориду заліза, взятих у співвідношенні 1:1 чи 1:2, та ін.

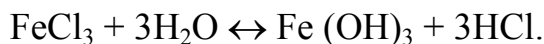
Коагулянти є солями сильних кислот і слабких лугів, тому при введенні у воду вони гідролізуються.

Гідролізом називається обмінна реакція між катіонами й аніонами солі й води, при якій відбувається зв'язування продуктів розкладання з одним чи обома іонами води з утворенням малодисоційованих чи важкорозчинних гідроокисів. Гідроліз солей супроводжується зміною рН середовища:

пряма реакція



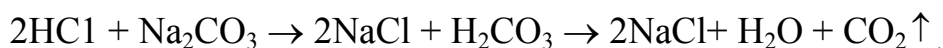
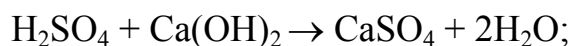
зворотна реакція



Реакції гідролізу оборотні. Тому, щоб забезпечити повноту протікання гідролізу (пряма реакція), необхідно зв'язувати (нейтралізувати) кислоти, що утворюються. Цю функцію виконують присутні в природних водах гідрокарбонат-іони, що визначають природну лужність води:



Якщо лужність оброблюваної води невелика, то кислота, яка утворюється при гідролізі коагулянту, може бути нейтралізована не повністю. Наслідком цього є погіршення процесу утворення пластівців, поява у воді залишкового алюмінію чи заліза. Щоб уникнути цього, воду додатково підлужують веденням $\text{Ca}(\text{OH})_2$ чи H_2CO_3 :



Гідроксиди алюмінію і заліза малорозчинні у воді та виділяються з неї у виді колоїдних позитивно заряджених часток з великою сумарною площею поверхні. Гумусові речовини, що надають воді забарвленість, та частки порід і ґрунтів, що визначають її каламутність, являють собою негативно заряджені колоїди. Через різницю зарядів ці дві системи взаємодіють: на позитивно зарядженій поверхні гідроксидів добре адсорбуються гумусові речовини, а безпосередньо частки гідроксидів адсорбуються на поверхні ґрунтових, глинистих й інших завислих часток.

Разом з тим наявність у воді негативно заряджених іонів приводить до коагуляції колоїдних часток гідроксидів, тобто відбувається зниження їхнього заряду і втрата ними стійкості. У результаті цього частки починають злипатися один з одним, що призводить до утворення «мостиків» між завислими частками домішок. Ці «мостики» як би «зшивають» завислі частки між собою, утворюючи так звану зверхміцеллярну структуру. Остання, під впливом гідродинамічних сил потоку розривається в найбільш слабких місцях, наслідком чого є утворення мікропластівців, які потім збільшуються при взаємних зіткненнях. Осадження такої коагульованої суспензії призводить до видалення з води речовин, які обумовлюють її каламутність і забарвленість.

Для успішного протікання процесу необхідно правильно підібрати дозу коагулянту. **Оптимальною** називається та найменша доза коагулянту, що забезпечує забарвленість очищеної води <20 град. п.к.ш. при мінімальній її каламутності та доброму утворенні пластівців (досить швидке утворення великих, добре осідаючих пластівців). Оптимальна доза коагулянту залежить від величини і природи забарвленості оброблюваної води, її каламутності, лужності та температури. Оптимальну дозу визначають у процесі *пробного коагулювання* води різними дозами коагулянту.

2. Схема установки

Установка складається з магнітної мішалки 1 і колби 2 з випробуваною водою і реагентами, яка встановлюється на підставці 3 корпусу магнітної мішалки. Усередину колби опускають стрижень 4, що перемішує. Корпус мішалки заземлюють, після чого мішалку вмикають до мережі напругою 220 вольтів. Для приєднання проводу, що заземлює, на задній стінці корпусу розташована клемка. Стрижень 4 приводять в обертання за допомогою тумблера 5. Для збільшення швидкості обертання стрижня рукоятку 6 повертають по годинній стрілці та встановлюють на середині шкали швидкості обертання магнітного стрижня. Це відповідає приблизно 800 об/хв. магнітного стрижня.

Тумблер 7 призначений для включення електрообігріву. Для запобігання від саморозмагнічування магніту до мішалки додається сталеве кільце, яке концентрично накладають на підставу корпусу при вимкненому апараті.

Для виконання роботи підготовляють колбу з випробуваною водою, закритою пробкою; мірні циліндри на 250 мл - 7 шт., плоскодонні колби -2-3 шт., ємністю 500 мл; піпетки на 1 і 5 мл, пісковий годинник на 3 хв.; секундомір; розчин $Al_2(SO_4)_3$ концентрацією 20 г/л (готується розчиненням $39Al_2(SO_4)_3 \times 18H_2O$ у 1 літрі води); 5% розчин NaOH.

3. Проведення роботи

Оптимальну дозу коагулянту визначають для двох умов:

- 1) без підлужування води;
- 2) з підлужуванням води.

У кожному випадку пробу випробуваної води ретельно перемішують перед її відбором.

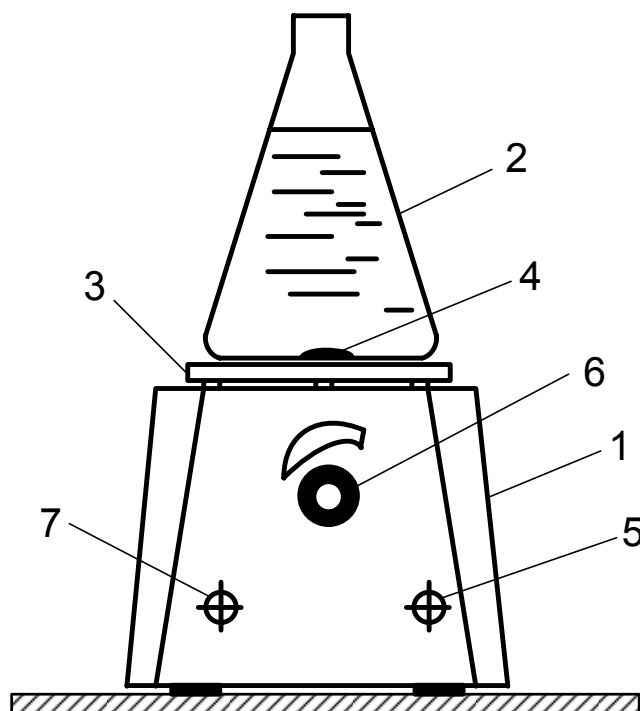


Рис. 1 - Схема установки:

1 – магнітна мішалка; 2 – колба; 3 – підставка; 4 – стрижень; 6 – рукоятка;
4 - 5, 7 – тумблери

1. 200 мл випробуваної води (1 проба) наливають у плоскодонну колбу 2, занурюють у неї стрижень 4, що перемішує, і перемішують на магнітній мішалці 1 протягом 3-х хвилин. Потім розчин зливають у циліндр № 1 для відстоювання. В інші проби води (2-7) перед перемішуванням додають розчин коагулянту (сірчаноокислого алюмінію) у таких кількостях:

Таблиця 1

№ проби	2	3	4	5	6	7
Кількість розчину коагулянту, який було долито в циліндр, мл	0,5	1	2	3	4	6
Відповідна цьому обсягу доза коагулянту, мг/л	50	100	200	300	400	600

Після перемішування проби води зливають у циліндри, відповідно №2 - №7 і включають секундомір.

2. Досліди з підлужуванням води виконуються аналогічно, до кожної проби води перед перемішуванням додають 1 мл 5% розчину NaOH.

Для кожної проби води відзначають час початку відстоювання. Тривалість відстоювання - 0,5 год. Через 0,5 год. з кожного циліндра відбирають відстоюний розчин, у якому визначають оптичну щільність проби на фотоколориметрі. За даними значень оптичної щільності можна одержати порівняльні дані про каламутність води залежно від дози коагулянту. При відстоюванні води в циліндрах відзначають час початку утворення пластівців, час початку осідання, а також вид пластівців (пухкі, великі, дрібні).

Обробка результатів спостережень.

Записують умови проведення дослідів:

Кількість вихідної води для кожного дослідів _____ мл

Оптична щільність вихідної води _____

Тривалість перемішування проби води _____ хв

Тривалість відстоювання _____ хв.

Таблиця 2

<i>Умови проведення дослідів</i>	<i>№ проби</i>	<i>Кількість уведеного коагулянту, мл</i>	<i>Доза коагулянту, мг/л</i>	<i>Час початку утворення пластівців, хв</i>	<i>Час початку осідання пластівців, хв</i>	<i>Оптична щільність води після дослідів</i>
Без підлужування						
З додаванням NaOH						

За даними дослідів будують графіки, відкладаючи по осі абсцис дозу коагулянту в мг/л, а по осі ординат - оптичну щільність води. За графіками знаходять оптимальну дозу коагулянту і роблять висновок про необхідність підлужування для досліджуваної води.

Оптимальною дозою коагулянту вважається така доза, коли збільшення кількості доданого коагулянту понад цієї дози не приводить до помітного зниження оптичної щільності води, яку очищують.

Лабораторна робота № 2

Визначення показника осаджуваності завислих речовин у воді

1. Загальні вказівки

Метою роботи є визначення показника осадження для некоагульованої суспензії, побудова графіків осадження суспензії у воді та встановлення за досліджуваними даними розрахункової швидкості осадження суспензії у відстійниках.

Частки суспензії осаджуються під дією їхньої сили ваги. Цей метод використовується при очищенні природних вод від завислих речовин у відстійниках. Осадження суспензії у відстійниках відбувається при безупинному русі води з малою швидкістю в напрямку від входу до виходу.

Осадження суспензії може бути вільним і стиснутим. *Вільне* - це падіння окремої частки в нескінченно великому обсязі рідини. Закономірності вільного осадження зберігаються при об'ємній концентрації часток, які осаджуються, до 0,5-1%, це відповідає масовій концентрації часток 1300-2600 мг/л з питомою вагою 2,6 г/см³, що має місце при освітленні води відстоюванням.

Процес осадження суспензії у воді характеризують звичайно графіками кінетики осадження суспензії. По осі абсцис відкладають швидкість (мм/с) чи тривалість (хв.) процесу, а по осі ординат - кількість суспензії, що випала, у відсотках чи частках одиниці.

Випадання суспензії з води можна характеризувати також величиною показника осаджуваності суспензії. За показник осаджуваності за пропозицією Л.А.Кастальского приймається відношення кількості суспензії А, %, що випадає зі швидкістю 1,2 мм/с, до кількості суспензії В, %, що випадає зі швидкістю 0,2 мм/с. У цих межах знаходяться величини швидкостей осадження, що практично мають місце у відстійниках.

Якщо графічно по осі абсцис відкласти швидкість осадження суспензії в мм/с, а по осі ординат - кількість суспензії, яка випала в осад, виражене у відсотках, то залежність між зазначеними величинами в межах швидкостей від 0,2-1,2 мм/с можна без істотної погрішності представити відрізком прямої, яка поєднує на графіку крапки, що відповідають значенням А и В показника осаджуваності суспензії.

За допомогою цього графіка (рис. 2.) можна знайти розрахункову швидкість осадження суспензії у відстійнику U_0 залежно від заданого відсотка освітлення води.

З графіка впливає:

$$\frac{U_0 - 0,2}{1,2 - 0,2} = \frac{B - P}{B - A},$$

звідки швидкість осадження суспензії, мм/с

$$U_0 = \frac{1,2 \cdot B - 0,2 \cdot A - P}{B - A}.$$

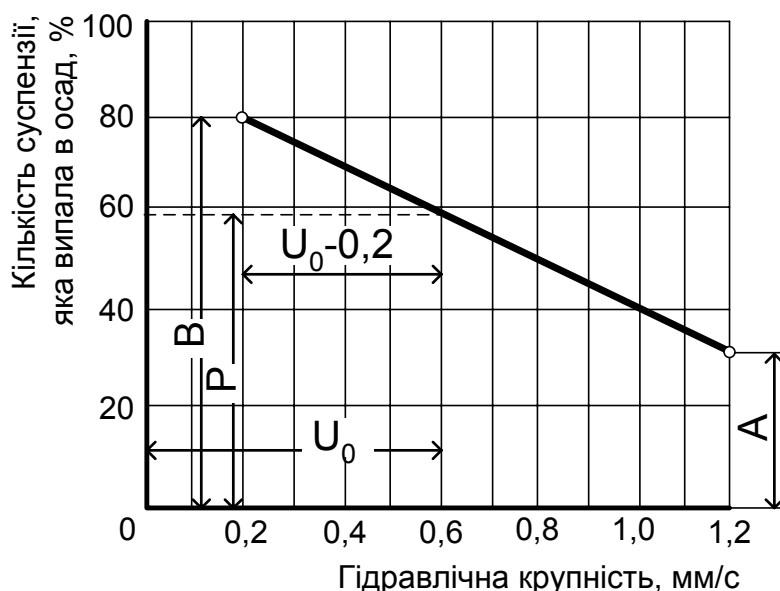


Рис. 2 - Графік показника осаджуваності суспензії у воді

P- відсоток затримки відстійником суспензії за формулою

$$P = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \cdot 100\%,$$

де M_1 – масова концентрація завислих речовин в освітлюваній воді, мг/л;

M_2 – масова концентрація завислих речовин у відстояній воді, мг/л.

Метод визначення розрахункової швидкості осадження суспензії у відстійниках за допомогою графіка показника осаджуваності суспензії досить точний при осадженні природної суспензії, що не коагулює, і не доречний до коагульованої хитливої суспензії, оскільки внаслідок коагуляції часток фракційний склад останньої змінюється в процесі осадження. Однак криві випадання суспензії використовують для розрахунку відстійників, тому що вони дозволяють визначити необхідну тривалість перебування води у відстійниках за заданим ефектом освітлення води.

2. Устаткування та прилади

1. Скляні циліндри з конічним дном. Висота робочої частини циліндра складає 432 мм, обсяг конусної частини - 50 мл (рис. 3).
2. Відро обсягом 8 літрів
3. Дерев'яне весло
4. Колби на 500 мл із пробками
5. Секундомір
6. Колби обсягом 100 мл
7. Лійки скляні
8. Бюкси.
9. Фільтри паперові
10. Ексикатор

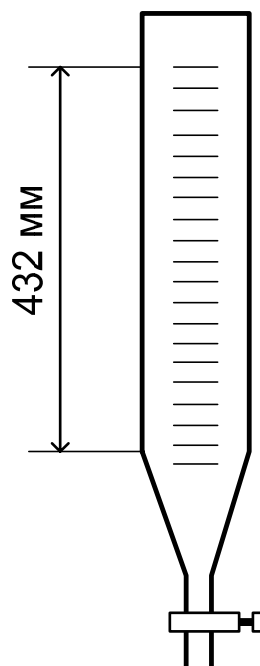


Рис. 3 - Скляний циліндр із конічним дном

3. Проведення роботи

Вода, яка підлягає дослідженню, готується у відрі. Перед відбором проб воду у відрі ретельно перемішують, потім відливають від неї 500 мл для визначення початкової масової концентрації завислих речовин у досліджуваній воді. Досліджуваною водою заповнюють одночасно два циліндри до верхньої мітки і негайно включають секундомір. Через 6 хв. після початку визначення відкривають кран одного з циліндрів і зливають з нього в плоску широкогорлу 100-мл колбу, підставлену під зливальну трубку циліндра, 50 мл води разом з осадам, який встиг випасти за 6 хв., у конусну частину циліндра. Кількість води, яка випускається з циліндра, перевіряється згідно зниженню рівня води в ньому від першої верхньої мітки до другої. Колбу зі взятою пробой закупорюють пробкою і нумерують. Через 36 хв. після початку визначення таким же способом відбирають осад з другого циліндра.

Кількість осаду, який випав у конусній частині першого циліндра за 6 хв., характеризує відсоток суспензії, який випадає з досліджуваної води зі швидкістю 1,2 мм/с і більше; кількість осаду, який випав у конусній частині другого циліндра за 36 хв., характеризує відсоток суспензії, який випадає зі швидкістю 0,2 мм/с і більше.

Далі визначають масову концентрацію завислих речовин у трьох відібраних протягом дослідження пробах:

- проба вихідної води;
- проба осаду, відібраного з першого циліндра через 6 хв.;
- проба осаду, відібраного з другого циліндра через 36 хв.

Результати визначення показника осаджуваності суспензії S виражають параметром

$$S = \frac{A}{B},$$

де A – кількість суспензії (у відсотках від вихідної), яка випала в осад зі швидкістю випадання 1,2 мм/с і більше;

B – кількість суспензії (у відсотках від вихідної), яка випала в осад зі швидкістю 0,2 мм/с і більше.

4. Розрахунки

1. Визначають вміст суспензії в робочому обсязі циліндра за формулою:

$$G = W \cdot G_0$$

де G_1 – склад суспензії в робочому обсязі циліндра, прийнятий за 100% мг;

W – робочий обсяг циліндра, л;

G_0 – вихідна масова концентрація суспензії в досліджуваній воді, мг/л.

2. Обчислюють величину A :

$$A = \frac{G'_2 \cdot 100}{G_1},$$

де G'_2 – вага сухого осаду, який випав через 6 хв. після початку визначення, мг, що обчислюється за формулою

$$G'_2 = G'_3 - G_0 \cdot 0,05, \text{ мг},$$

де G'_3 – вага осаду, що залишився на паперовому фільтрі (доведений до постійної ваги), мг;

0,05 – об'єм, л, досліджуваної води, яка знаходилася в конусній частині циліндра.

3. Обчислюють величину B :

$$B = \frac{G''_2 \cdot 100}{G_1},$$

де G''_2 – вага сухого осаду, який випав через 36 хв. після початку визначення, мг,

$$G''_2 = G''_3 - G_0 \cdot 0,05, \text{ мг},$$

де G''_3 – вага осаду, який залишився на паперовому фільтрі (доведений до постійної ваги), мг.

4. Визначають показник осаджуваності $S = \frac{A}{B}$ і будують графік показника осаджуваності суспензії у воді.

5. Знаходять розрахункові технологічні параметри горизонтального відстійника - розрахункову швидкість осадження суспензії (U_0) і вміст суспензії в очищеній воді (M_2) - при наступних умовах:

$$M_1 = 300 \text{ мг/л}; P = 64 \text{ \%}.$$

Результати зводять в таблицю:

Таблиця 3

G_0	G_1	G'_2	G'_3	A	G''_2	G''_3	B	$S = \frac{A}{B}$	M_1	P	M_2	U_0

5. Визначення вмісту масової концентрації суспензії у вихідній воді ваговим методом

Визначений обсяг досліджуваної води (у даному випадку 100 мл) фільтрують через висушений при температурі 105°C і попередньо зважений паперовий фільтр. Промивають осад на фільтрі невеликою кількістю дистильованої води і переносять фільтр з осадом у попередньо прожарений і зважений бюкс. Висушують при температурі 105°C, охолоджують у ексікаторі і зважують.

Масову концентрацію суспензії визначають за формулою

$$M_r = \frac{(g_1 - g_0) \cdot 100}{V}, \text{ мг/л}$$

де g_0 – вихідна вага паперового фільтра, мг;

g_1 – вага паперового фільтра з осадом, мг;

V – обсяг води, взятої для визначення, мл.

РЕКОМЕНДОВАНИЙ СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. ДСанПіН 2.2.4-171-10 "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною". – Затверджено МОЗ України 12.05.2010. – К., 2010.
2. Фрог Б. Н. Водоподготовка : Учебн. пособие для вузов / Б. Н. Фрог, А. П. Левченко. – М. : Изд-во МГУ, 1996. – 680 с.
3. Кульский Л. А. Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды. В двух частях / Л. А. Кульский, И. Т. Гороновский, А. М. Когановский, А. М. Шевченко. – К. : Наукова думка, 1980. - 1206 с.
4. Кульский Л. А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды / Л. А. Кульский. – К. : Наукова думка, 1983 - 528 с.

Навчальне видання

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт
з дисциплін

**«Технологія очистки природних вод»
та «Споруди і обладнання водопостачання»**

Модуль 3. Очисні споруди водопостачання

(для студентів 4 курсу заочної форми навчання
напрямів підготовки 6.060101 «Будівництво» (спец. «Водопостачання та
водовідведення») та 6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)»)

Укладач: **СОРОКІНА** Катерина Борисівна

Відповідальний за випуск *Г. І. Благодарна*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *К. Б. Сорокіна*

План 2013, поз. 94М

Підп. до друку 09.09.13
Друк на ризографі.
Зам. №

Формат 60x84/16
Ум. друк. арк. 1,0
Тираж 30 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет міського господарства
імені О.М.Бекетова,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 4064 від 12.05.2011 р.